

재난방송 서비스를 위한 T-DMB 시스템 기반의 부가정보 전송 기법 연구

종신회원 차재상*, 준회원 배정남**, 이경근***, 정회원 김건****, 이용태****

A Study on Additional Data Transmission Scheme Based on T-DMB System for Emergency Broadcasting Service

Jae-Sang Cha* *Lifelong Member*, Jung-Nam Bae**, Kyong-Gun Lee*** *Associate Members*,
Geon-Kim****, Yong-Tae Lee**** *Regular Members*

요약

본 논문에서는 T-DMB 시스템에서 워터마킹 기법을 적용하여 재난방송용 부가정보를 전송하는 알고리즘에 대해 알아보았다. 제안된 기법을 T-DMB 시스템에 적용함으로써 워터마킹 확산코드를 통한 부가정보 전송이 가능하고 주파수 효율도 개선할 수 있다. 재난상황 발생시, 제안된 워터마킹 기법을 통해 생성된 재난정보를 T-DMB 시스템을 통해 전송함으로써 재난에 대처할 수 있다. 모의실험을 통하여 제안된 기법이 적용된 T-DMB 시스템의 오류 성능 및 워터마킹 레벨, 코드 길이에 따른 재난방송용 워터마킹 정보의 검출 성능을 분석하였고, 유용성을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 기술은 데이터 전송 방식으로 OFDM을 사용하는 통신 시스템에서 워터마킹을 이용한 부가정보 전송 기술 연구를 위한 유용한 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

Key Words : Emergency Service, M2M, OFDM, T-DMB, Watermarking

ABSTRACT

In this paper, we proposed analysis additional data transmission scheme based on T-DMB system with watermarking technique for emergency broadcasting service. By applying the proposed scheme to T-DMB system, it allows additional data transmission and improves spectral efficiency of data transmission through watermarking spreading code. In the emergency situation, we can react the emergency situation using the emergency information that generated by proposed scheme. We are certified availability of our proposed technology by using various simulation. The performance is evaluated in terms of bit error rate (BER). From the simulation result, we confirmed the performance of T-DMB system embedded watermarking scheme and it is shown that system performance is affected the watermarking level. The results of the paper can be applied to wireless multimedia digital broadcasting system.

1. 서론

최근의 방송 전송 기술의 추세는 기존의 고화질

의 고정 수신만을 대상으로 하는 형태에서 벗어나 좀 더 개인화 되고, 고화질의 멀티미디어 정보를 이동하는 환경에서 수신하는 형태로 진화해 가고 있

※ 본 연구의 일부는 방송통신위원회, 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [KI002073, 동일주파수망에서의 터널용 T-DMB 재난방송 기술개발]

* 서울과학기술대학교 매체공학과 ** 광운대학교 전파공학과(jm1112@kw.ac.kr)

*** 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학과 **** 한국전자통신연구원 방송시스템연구부

논문번호 : KICS2010-12-582, 접수일자 : 2010년 12월 3일, 최종논문접수일자 : 2010년 12월 13일

다. 또한 방송기술은 통신기술과 융합되어 양방향 전송기술이나 음영지역 해소, 위치인식 기능 제공, 주파수 이용 효율을 제고하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다^{[11],[12]}. 방송 신호에 워터마킹 기법을 적용하는 기법은 송신기를 식별하는 기능과 동시에 부가적인 정보를 전송하여 한정된 주파수 안에서 주파수 효율을 개선하고자 하는 목적으로 사용되었다. 부가정보 전송을 위한 T-DMB (Terrestrial-Digital Multimedia Broadcasting) 워터마킹 기법은 송신부에서 부가정보를 대역확산 시킨 후 기존 신호에 최소한의 영향을 주는 값으로 스케일링 하여 원 신호에 더해져 전송되게 된다. 수신부에서는 참조 코드를 이용하여 상관 처리 후 판정 및 정보를 검출하는 과정을 거쳐 부가정보를 복원하게 된다. T-DMB 워터마킹 기법은 지상파 방송 신호를 기반으로 위치 인식 기능과 부가적인 정보를 제공해 줄 수 있는 새로운 해법을 제공한다고 할 수 있다^{[3],[4]}.

사물 통신 (M2M: Machine-to-Machine)이란 ‘사람과 사물’, ‘사물과 사물’간 지능 통신 서비스를 언제 어디서나 안전하고 편리하게 실시간 이용할 수 있는 미래 방송통신 융합 기술을 의미한다. 특히 최근에는 대부분의 통신기기에서 T-DMB 서비스를 제공하기 때문에, 재난상황 발생 시에 T-DMB 시스템에 워터마킹을 통한 재난정보를 전송함으로써 저렴한 비용으로 부가적인 정보를 제공할 수 있다. 또한 워터마킹 기법의 가장 큰 장점은 새로운 시스템과 망을 새롭게 구축하는 것이 아니라, 기존의 시스템에 추가적인 주파수 자원을 사용하지 않고 최소한의 비용으로 구축이 가능하기 때문에 충분히 적용 가능한 솔루션이라고 생각된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 T-DMB 시스템의 개요 및 전송 구조에 대해 소개한다. III장에서는 재난방송 서비스를 위한 T-DMB 시스템 기반의 워터마킹 기법에 대해 소개하고, IV장에서 모의실험 결과를 통해 제안한 기법에 대한 성능을 분석한다. 마지막으로 V장에서는 최종적으로 본 논문의 결론을 맺고자 한다.

II. T-DMB 시스템

2.1 T-DMB 개요

T-DMB 시스템은 국내 아날로그 TV 방송대역에서 사용하는 VHF (Very High Frequency) 주파수 대역을 이용하여 유럽의 Eureka-147 DAB (Digital Audio Broadcasting) 시스템에 멀티미디어 데이터

표 1. T-DMB 전송모드 파라미터

파라미터		값
L	OFDM 심벌 수	76
K	부반송파수	1536 2048
T _F	프레임 지속시간	196,608T 96 ms
T _{NULL}	Null 심벌 지속시간	2,656T ~1,297 ms
T _S	OFDM 심벌 지속시간	2,552T ~1,246 ms
T _U	반송파 간격	2,048T 1 ms
△	보호구간	504T ~246 us

서비스를 부가한 것으로, 200km/h의 고속 이동시에도 끊임없는 고품질 오디오와 비디오 서비스, 그리고 데이터 서비스를 무료로 제공한다. T-DMB는 Eureka-147 DAB 기술 기반으로 기존의 DAB 서비스 또한 동시에 제공할 수 있다^{[5],[6]}. 한국에서 상용화된 T-DMB 단말기를 이용하면 디지털 방송뿐만 아니라 오디오와 데이터 서비스까지 동시에 수신이 가능한 장점을 지닌다. 한국형 T-DMB 방식은 Eureka-147 전송모드 I를 사용한다. 표 1은 T-DMB 전송모드의 파라미터를 나타낸다^[7].

2.2 전송 구조 분석

그림 1은 T-DMB 프레임 구조를 나타낸다^[7]. 전송 프레임의 첫 부분에는 Null 심벌이 할당되고, DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) 변·복조를 위한 PRS (Phase Reference Symbol)의 동기화 채널이 이어진다. 다음으로 프레임의 정보가 들어있는 고속 정보 채널 (FIC: Fast Information Channel)이 할당되고, 그리고 이후에 오디오 데이터와 일반 데이터를 전송하는 주 서비스 채널 (MSC: Main Service Channel)이 할당된다.

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 심벌은 1ms의 데이터 구간과 0.25ms 길이의 보호 구간으로 구성된다. 하나의 전송 프레임은 Null 심벌, PRS, FIC용 심벌 3개, MSC용 심벌 72개의 총 76 심벌로 구성되며 전체 지속 시간은 96ms가 된다^[4]. 전송 프레임의 나머지 부분은 길이 T_S를 가지는 OFDM 심벌들로 구성한다. 여기서 각 OFDM 심벌은 반송파 1/T_U간격을 갖는 동일 간격의 반송파들로 구성한다. 주 신호 s(t)는 다음 식(1)과 같이 정의한다^[7].

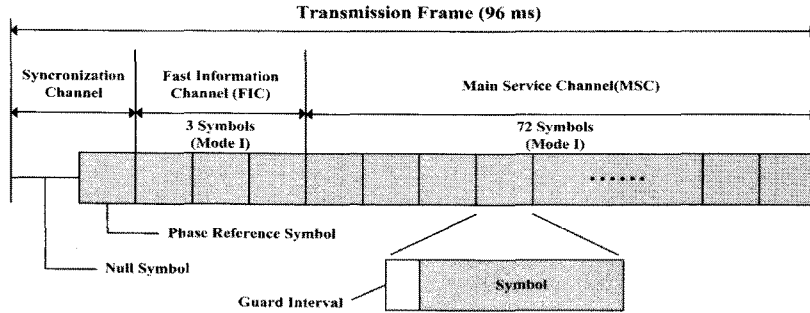


그림 1. T-DMB 프레임 구조

$$s(t) = Re \left\{ e^{j2\pi f_c t} \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{l=0}^L \sum_{k=-K/2}^{K/2} Z_{m,l,k} \cdot g_{k,l}(t - mT_F - T_{NLL} - (l-1)T_S) \right\} \quad (1)$$

$$g_{k,l}(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } l=0 \\ e^{2j\pi k(t-\Delta)/T_S} \cdot \text{Rect}(t/T_S) & \text{for } l=1,2,\dots,L \end{cases}$$

$$T_S = T_U + \Delta$$

III. 재난방송을 위한 T-DMB 워터마킹 기법

3.1 재난방송 시스템 모델

사물 통신 서비스는 주변의 사물이나 기기에 정보를 수집하고 통신을 가능하게 하는 장치를 설치한 후 이를 통하여 수집되거나 상호 공유되는 정보를 이용하여 사용자 혹은 사물 자체에게 정보를 제공하는 정보 서비스의 개념이다⁸⁾. 사물 통신 서비스 환경에서는 정보의 수집과 활용이 사람과 사람의 관계에서 사람과 사물, 사물과 사물간의 관계로 변화되며 이러한 사물간의 정보교환과 제어를 통하여 모든 사물이 시스템을 자율적으로 관리할 수 있게 된다⁹⁾. 그림 2는 본 논문에서 제안한 T-DMB 시스템 기반의 재난 통신 시스템 모델을 나타낸다.

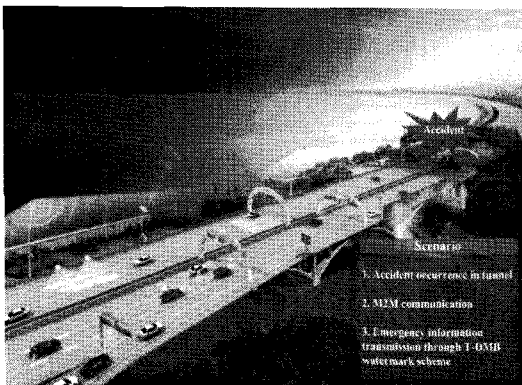


그림 2. 재난방송 시스템 모델

재난 상황이 발생하면, 근처의 센서 및 통신 기기들이 상황을 인지하여 중계기로 상황 정보를 전송하게 된다.

재난 상황에 대한 정보를 받은 T-DMB 중계기는 워터마킹을 이용한 부가정보 전송을 통해 재난 상황에 대한 정보를 T-DMB 단말기로 전송하게 된다. 워터마킹을 통해 생성된 재난정보는 T-DMB 신호와 함께 전송되고 중계기 범위에 있는 T-DMB 단말기 사용자들은 워터마킹 신호 복원을 통해 재난 상황에 대한 정보를 받게 된다. 이 정보를 통해 사용자는 재난 상황에 대처할 수 있게 된다.

3.2 T-DMB 워터마킹 기법

T-DMB 시스템에서 재난방송용 부가정보 전송을 위한 워터마킹 기법은 기존 시스템의 기저대역 처리 과정에서 대역확산을 통해 생성된 재난방송 신호를 기존의 T-DMB 신호에 삽입 및 복원하는 과정을 통해 이루어진다. 기존의 T-DMB 신호에 워터마킹 신호를 삽입하는 과정에서 가장 중요하게 고려해야 할 점은, 삽입되는 워터마킹 신호는 기존 신호의 성능에 영향을 주지 않는 범위의 값으로 설정되어야 한다는 점이다. 그림 3은 워터마킹 기법을 이용하여 재난방송 서비스를 하기 위한 T-DMB 시스템의 블록도를 나타낸다.

송신단에서 비디오와 오디오가 혼합된 멀티미디어 정보는 채널에 의한 에러를 보상해주는 채널 인코더를 지나 DQPSK 변조 과정을 거치게 되고, 다수의 반송파에 신호를 실어 보내는 OFDM을 적용하여 정보를 전송한다. 이때, 재난정보를 확산코드에 의해 대역확산 시키고 기존의 T-DMB 시스템에 영향을 주지 않는 범위의 값으로 스케일링하여 변조된 OFDM 신호에 더하여 전송함으로써 기존의 시스템의 신호와 동시에 재난정보를 갖는 워터마킹 신호가 전송되게 된다.

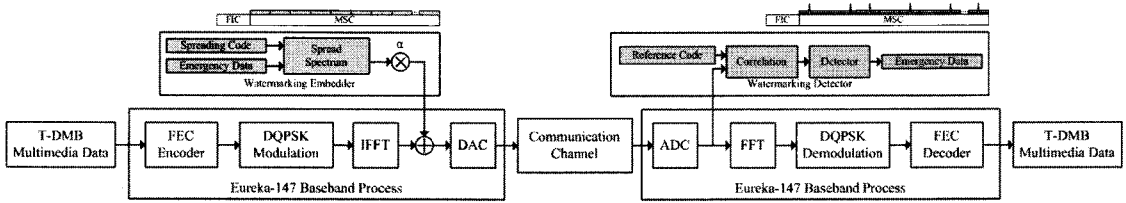


그림 3. 재난방송용 T-DMB 시스템 블록도

수신단에서 재난정보를 가진 워터마킹 신호가 삽입된 T-DMB 신호는 OFDM 신호 복조 전에 정합 필터(Matched Filter)를 이용하여 참조 코드와의 상관 처리를 통해 상관 값을 도출하고, 이 상관 값을 통해 워터마킹을 통해 전송된 재난정보를 복조하게 된다.

T-DMB의 데이터 신호는 다음 식 (2)와 같이 표현할 수 있다^[7].

$$d(n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} X(k)e^{j2\pi(nk/N)}, \quad n=0,1,\dots,N-1 \quad (2)$$

여기서 N은 FFT (Fast Fourier Transform)포인트 수를 나타내고, 각각의 OFDM 심벌은 IFFT (Inverse FFT)를 통한 N-포인트 복소 변조 신호 벡터로 나타낼 수 있다.

데이터 신호에 재난방송용 확산코드 $x_i(n)$ 을 워터마킹하기 전과 후의 i 번째 송신기에서의 신호를 각각 $d_i(n)$ 와 $d'_i(n)$ 라 정의하면 식 (3)과 같다^[2].

$$d'_i(n) = d_i(n) + \rho x_i(n), \quad (3)$$

여기서 n 은 표본화된 신호의 순서를 나타내며, ρ 는 T-DMB 신호에 영향을 주지 않는 값을 의미한다.

이러한 식 (3)의 송신 신호가 i 번째 송신기로부터 송출되어 채널 h_i 를 거쳐서 수신기에 수신이 된다면, 수신신호 r_i 는 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다^[2].

$$r_i(n) = d'_i(n) \otimes h_i + w_i(n), \quad (4)$$

$w_i(n)$ 은 i 번째 송신기에 대한 잡음이며, \otimes 는 컨볼루션을 나타낸다. 전체 수신 신호 $r(n)$ 은 다음 식 (5)와 같이 표현된다^[2].

$$r(n) = \sum_{i=1}^T [d'_i(n) \otimes h_i + w_i(n)], \quad (5)$$

여기서, T 는 송신기의 전체 수이다. 또한, 전송된 신호에 대한 상관 함수의 도출을 통해 워터마킹을 통해 전송된 재난정보를 복원할 수 있다.

IV. 모의실험 결과

모의실험을 통하여 T-DMB 전송신호에 재난방송 서비스를 위한 워터마킹 기법을 적용할 경우의 성능에 대해 알아보려고 한다. 실험을 워터마킹용 확산코드로 우수한 상호상관 특성을 가지고, 코드의 개수가 많아 기존의 TxID 기술의 워터마킹용 확산코드로 제안된 카사미 코드를 사용하였다^[10]. 되었다. 채널은 AWGN (Additive White Gaussian Noise) 및 Rayleigh에서 성능분석을 하였으며, 채널 코딩은 적용하지 않았다. 표 2는 모의실험을 위한 파라미터를 나타낸다.

표 2. 모의실험 파라미터

파라미터	값
변조방식	DQPSK
FFT 길이	2048
CP 길이	504
확산코드	카사미 코드
채널	27.136ms
* Uncoded T-DMB system	

4.1 T-DMB 시스템의 성능

그림 4는 제안된 T-DMB 재난정보 전송 기법의 HWR (Host Watermarking Ratio)에 따른 AWGN에서의 BER (Bit Error Rate) 성능을 나타낸다. 모의실험 결과, HWR이 증가할수록 기존 시스템의 성능과 가까워지는 것을 알 수 있다. 기존 시스템에

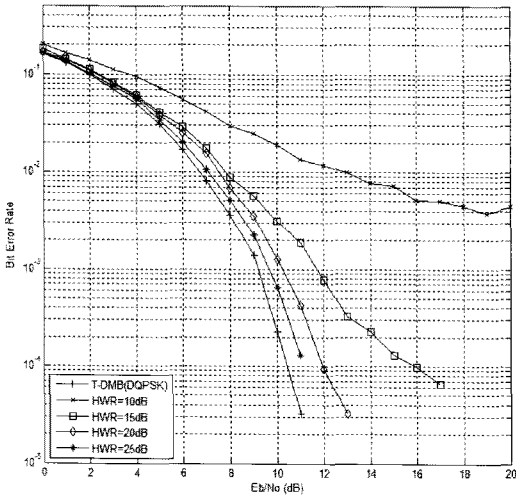


그림 4. 워터마킹 기법이 적용된 T-DMB 시스템의 성능 (AWGN)

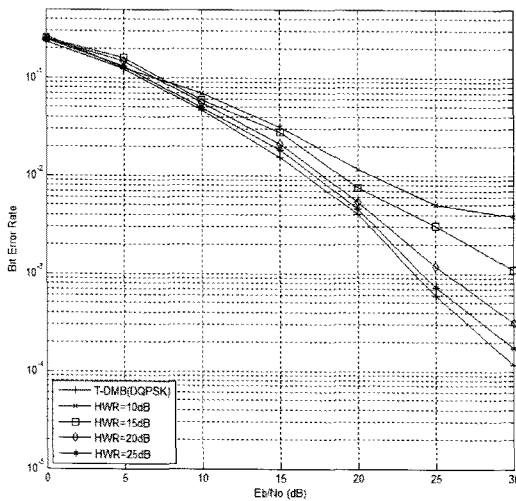


그림 5. 워터마킹 기법이 적용된 T-DMB 시스템의 성능 (Rayleigh)

거의 영향을 주지 않는 범위의 HWR을 고려하면, 20dB의 레벨 값을 정할 수 있다. 그림 5는 제안된 시스템의 HWR에 따른 Rayleigh 채널에서의 BER 성능을 나타낸다. 모의실험 결과, 페이딩의 영향으로 성능의 열화가 발생함을 확인할 수 있었고, 기존 시스템에 영향을 주지 않는 워터마킹 레벨로 20dB의 값을 고려할 수 있다.

4.2 재난방송 데이터 검출 성능

그림 6과 7은 워터마킹을 통해 전송된 재난정보의 검출 성능을 나타낸다. 성능 분석은 기존

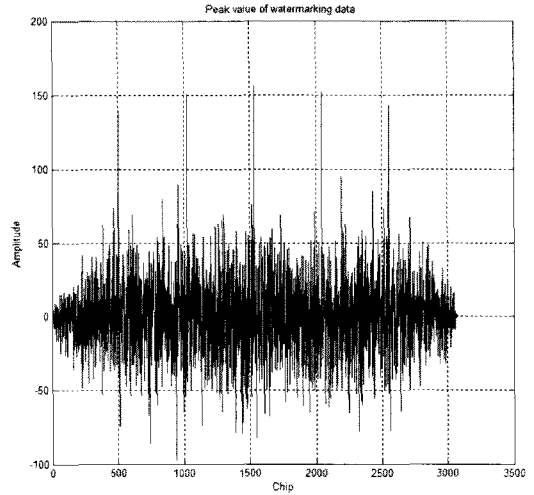


그림 6. 워터마킹 신호의 성능 (SNR:10dB, HWR 20dB, 코드길이: 511, 분석구간: 심벌 1개)

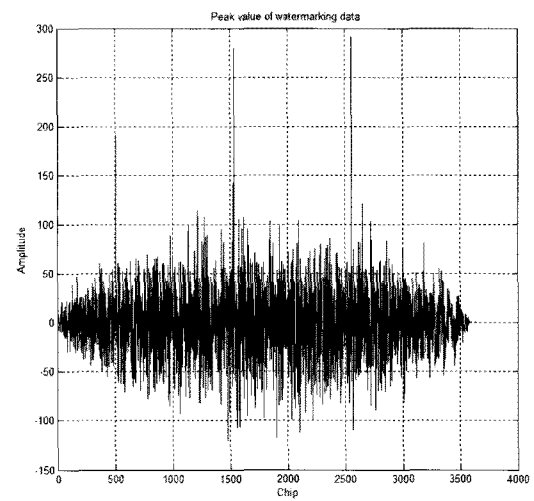


그림 7. 워터마킹 신호의 성능 (SNR:10dB, HWR 20dB, 코드길이: 1023, 분석구간: 심벌 1개)

T-DMB 신호가 SNR (Signal-to-Noise Ratio) 10dB에서 워터마킹 레벨로 고려된 HWR 20dB로 전송했을 경우의 코드 길이에 따른 검출 성능을 나타낸다. 모의실험 결과, 코드 길이를 증가 시킬수록 프로세싱 이득이 증가하여 워터마킹 신호를 복원할 때에 잡음에 강한 특성을 나타낸다. 하지만 코드 길이를 증가시키면 워터마킹을 통해 보낼 수 있는 정보의 양이 감소하게 된다. 차후 다양한 관점에서 파라미터들의 관계에 대한 분석이 요구된다.

V. 결 론

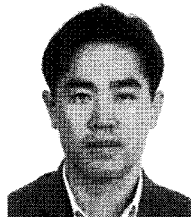
본 논문에서는 T-DMB 시스템에서 워터마킹 기법을 적용하여 재난방송용 부가정보를 전송하는 기법에 대해 제안하고, 그 유용성을 확인하였다. 재난 상황 발생시, 제안된 워터마킹 기법을 통해 생성된 재난정보를 T-DMB 시스템을 통해 전송함으로써 재난에 대처할 수 있고 한정된 자원 안에서 주파수 효율을 높일 수 있다. 모의실험을 통하여 제안된 기법이 적용된 T-DMB 시스템의 오류 성능 및 HWR, 코드 길이에 따른 재난방송용 워터마킹 정보의 검출 성능을 분석하였고, 유용성을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 기술은 데이터 전송 방식으로 OFDM을 사용하는 통신 시스템에서 워터마킹을 이용한 부가정보 전송 기술 연구를 위한 유용한 자료로 활용 될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] X. Wang, Y. Wu, and B. Caron, "Transmitter Identification Using Embedded Pseudo Random Sequences," *IEEE Trans. Broadcast.*, Vol.50, No.3, pp.244-252, Sept., 2004.
- [2] X. Wang, Y. Wu, and J. Y. Chouinard, "Robust Data Transmission Using the Transmitter Identification Sequences in ATSC DTV Signals," *IEEE Trans. Consum. Elect.*, Vol.51, No.1, pp.41-47, Feb., 2005.
- [3] 차재상, 최성진, 이선희, 이광직, 이용태, 박구만, "ATSC-DTV의 송신기 식별을 위한 워터마킹용 확산코드에 관한 연구," 방송공학회논문지, 제11권, 제1호, pp.100-106, 3월 2006.
- [4] J. S. Cha, S. K. Kim, Y. T. Lee, and S. W. Kim, "New Partial Correlation-type Matched Filter for Zero Correlation Duration Sequence and its Advanced Television Systems Committee-Digital TV Application," *Japanese J. of Applied Physics (JJAP)*, Vol.45, No.4B, pp.3343-3348, Apr., 2006.
- [5] G. Lee *et al.*, "Design of Middleware for Interactive Data Services in the Terrestrial DMB," *ETRI Journal*, Vol.28, No.5, pp.652-655, Oct., 2006.

- [6] B. Bae *et al.*, "Design and Implementation of the Ensemble Remultiplexer for DMB Service Based on Eureka-147," *ETRI Journal*, Vol.26, No.4, pp.367-370, Aug., 2004.
- [7] *European Standard*, "Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to Mobile, Portable and Fixed Receivers," ETSI EN 300 401 V1.4.1, June, 2006.
- [8] 김형준, "사물간 통신 네트워크의 이해," *한국통신학회지 (정보와통신)*, 제27권, 제7호, pp.21-28, 6월 2010년.
- [9] 방송통신위원회, "사물통신기반 구축 기본계획 (안)," 2009.
- [10] X. Zeng, J. Q. Liu, L. Hu, "Generalized Kasami Sequences: The Large Set," *IEEE Trans. Inf. Theory*, Vol.53, No.7, pp.2587-2598, July, 2007.

차 재 상 (Jae-Sang Cha)



인지무선기술, UWB, 4G 이동통신

중신회원

2000년 9월 일본 東北대학교
전자공학과 박사
2002년 2월 ETRI 이동통신연
구소 선임연구원
2009년 3월~현재 서울과학기술
대학교 매체공학과 교수
<관심분야> 디지털 방송기술,

배 정 남 (Jung-Nam Bae)

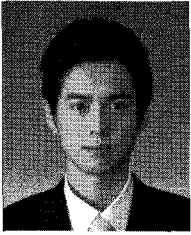


2009년 2월 광운대학교 전파공
학과 학사
2009년 3월~현재 광운대학교 전
파공학과 석사과정
<관심분야> 디지털 방송/통신
시스템, 무선통신, 4G 이동
통신

준회원

이 경 근 (Kyong-Gun Lee)

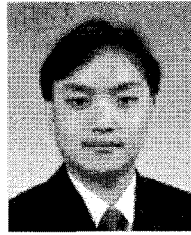
준회원



2010년 2월 한국외국어대학교
학사
2010년 3월~현재 성균관대학교
전기전자컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> 임베디드, 무선통신,
디지털 방송기술

이 용 태 (Yong-Tae Lee)

정회원



2007년 2월 연세대학교 전자공
학과 박사
1995년 3월~현재 한국전자통신
연구원(ETRI) 방송시스템연구
부 책임연구원
<관심분야> 디지털 방송기술

김 건 (Geon Kim)

정회원



1999년 2월 중앙대학교 전자공
학과 석사
1999년 3월~현재 한국전자통신
연구원(ETRI) 방송시스템연구
부 선임연구원
<관심분야> 디지털 방송기술